

501P846TW00

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-124950

(43)Date of publication of application : 15.05.1998

(51)Int.Cl.

G11B 11/10
G11B 7/00

(21)Application number : 08-276674

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 18.10.1996

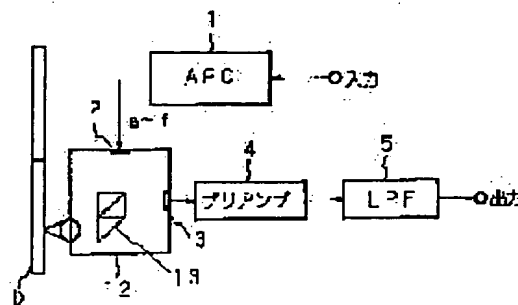
(72)Inventor : TANAKA TSUTOMU
IKETANI TOMONORI
ITAKURA AKIHIRO

(54) INFORMATION RECORDING METHOD OF OPTICAL RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain the information recording method of optical recording medium reducing an edge shift and the jitter of a recording mark in a high frequency band.

SOLUTION: A signal for controlling power of laser beam is outputted to an optical head 12 by an APC 1 in accordance with a data to be recorded. At the time of forming the recording mark, a power value is modulated into four values of Pw1, Pw2, Paw and Pb, and at the time of forming a space, the power value is modulated into two values of Pae and Pb by the optical head part 12, and an optical disk is irradiated with the laser beam of the power value of the above total five values to form the recording marks and the spaces.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.04.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3366973

[Date of registration] 08.11.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

S01P846TWO0

27/5/98T-57

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-124950

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月15日

(51) Int. Cl.⁴

G11B 11/10
7/00

識別記号

551

PI

G11B 11/10
7/00

551C
L

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号

特願平8-276674

(22) 出願日

平成8年(1996)10月18日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 田中 勇

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 池谷 智則

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 板倉 昭宏

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 河野 登夫

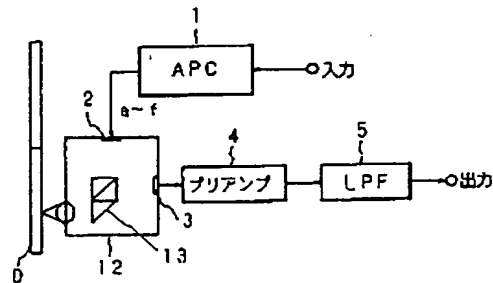
(54) 発明の名称 光記録媒体の情報記録方法

(57) 要約

【課題】 高周波域の記録マークのエッジシフト及びジッタを低減できる光記録媒体の情報記録方法。

【解決手段】 記録すべきデータに応じてAPC1はレーザー光のパワーを制御する信号を光ヘッド部12へ出力する。光ヘッド部12は、記録マークを形成する際にPw1、Pw2、Paw、Pbの4値にパワー値を変調し、スペースを形成する際にPae、Pbの2値にパワー値を変調し、計5値のパワー値のレーザー光を光ディスクDに照射することにより、記録マーク及びスペースを形成する。

本発明の記録方法に用いる記録再生装置の構成を示すブロック図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 パルス発光されるビーム光の光記録媒体への照射熱により、一連の記録マーク及び該記録マーク間のスペースが形成され、記録すべき二値情報の一方を前記記録マークの前縁及び後縁に対応させて光記録媒体に情報を記録する情報記録方法において、前記記録マーク及びスペースは、パルスの最下縁であるボトムパワー値を含む少なくとも5値のパワー値を用いて形成され、前記記録マークを形成するためのビーム光のパワー値には前記ボトムパワー値を含んで少なくとも4値を用い、前記スペースを形成するためのビーム光のパワー値には前記ボトムパワー値を含んで少なくとも2値を用いることを特徴とする光記録媒体の情報記録方法。

【請求項2】 前記記録マークを形成するためのビーム光のパワー値は、前記ボトムパワー値を除いて、前記スペースを形成するためのビーム光のパワー値と異なる値を有する請求項1記載の光記録媒体の情報記録方法。

【請求項3】 パルス発光されるビーム光の光記録媒体への照射熱により、一連の記録マーク及び該記録マーク間のスペースが形成され、記録すべき二値情報の一方を前記記録マークの前縁及び後縁に対応させて光記録媒体に情報を記録する情報記録方法において、前記記録マーク及びスペースは、前記光記録媒体の冷却のためのボトムパワー値 P_b と、前記記録マークの形成のための第1の主熱パワー値 P_{w1} 、第2の主熱パワー値 P_{w2} 及び第1の予熱パワー値 P_{aw} と、前記スペースの形成のための第2の予熱パワー値 P_{ae} とを用いて形成され、

$P_{w1} > P_{aw}$, $P_{w1} > P_{ae}$, $P_{w1} > P_b$

$P_{w2} > P_{aw}$, $P_{w2} > P_a$, $P_{w2} > P_b$

$P_{aw} > P_b$, $P_{ae} > P_b$, $P_{aw} \neq P_{ae}$

の関係を満たすことを特徴とする光記録媒体の情報記録方法。

【請求項4】 前記ボトムパワー値 P_b は、 $P_b = 0$

の関係を満たす請求項3記載の光記録媒体の情報記録方法。

【請求項5】 前記第1の主熱パワー値 P_{w1} 及び第2の主熱パワー値 P_{w2} は、

$P_{w1} - 1.5 \text{ mW} \leq P_{w2} \leq P_{w1} + 1.5 \text{ mW}$

の関係を満たす請求項3記載の光記録媒体の情報記録方法。

【請求項6】 前記第1の主熱パワー値 P_{w1} 及び前記第1の予熱パワー値 P_{aw} は、

$1.5 \text{ mW} \leq P_{w1} / P_{aw} \leq 3.5 \text{ mW}$

の関係を満たす請求項3記載の光記録媒体の情報記録方法。

【請求項7】 前記第1の主熱パワー値 P_{w1} 及び前記第2の予熱パワー値 P_{ae} は、

$1.8 \leq P_{w1} / P_{ae}$

の関係を満たす請求項3記載の光記録媒体の情報記録方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ビーム光の照射により記録マークを形成する光記録媒体の情報記録方法に関し、特に、高密度記録が可能な磁気超解像再生(MSR, Magnetically Induced Super Resolution)される光磁気記録媒体へのマークエッジ記録方式を用いた情報記録方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光磁気ディスクの情報高密度化の要求に伴い、光磁気記録媒体の情報記録方式としてマークエッジ記録方式が用いられている。マークエッジ記録方式は、記録マークのエッジに二値情報データの「1」に対応させる記録方式であり、記録マークを「1」に対応させるマークポジション記録方式と比較して、情報をより高密度に記録することが可能となる。

【0003】また、情報の高密度化を実現する方法としてMSR再生方式が注目されている。MSR再生方式は、ビームスポット径よりも小さい寸法で形成された記録マークを再生可能とする再生方法であり、様々な方式が提案されている。本願出願人は、特開平7-244877号公報にてMSR再生可能な光磁気ディスクであるMSR媒体を提案している。図33及び図34は、特開平7-244877号公報にて開示されたMSR媒体の再生時の磁化状態を示す図である。図33はRAD(Rear Aperture Detection)方式を示し、図34はFAD(Front Aperture Detection)方式を示している。

【0004】図33に示すように、光磁気ディスク50は基板(図示せず)上に再生層51、中間層52及び記録層53をこの順に積層して構成されている。再生層51はGdFeCoのような希土類-遷移金属非晶質合金膜からなり、垂直方向に磁化容易軸を有している。中間層52は、GdFeのような希土類-遷移金属非晶質合金膜からなり、室温では面内方向に磁化容易軸を有しており、レーザ光の照射により昇温された所定温度になるとその磁化容易軸が面内方向から垂直方向に変化する。また、記録層53はTbFeCo、DyFeCoのような希土類-遷移金属非晶質合金膜からなり、垂直方向に磁化容易軸を有している。再生層51、中間層52及び記録層53のキュリー温度を夫々 T_{c1} 、 T_{c2} 、 T_{c3} とした場合に、 $T_{c2} < T_{c1}$ 、 $T_{c2} < T_{c3}$ の関係を満たしている。また、再生層51及び記録層53の室温における保磁力を夫々 H_{c1} 、 H_{c3} とした場合に、 $H_{c1} < H_{c3}$ の関係を満たしている。

【0005】再生層51は、信号の読み出し又は磁気超解像のためのマスキング層として機能する。また中間層52は室温では面内性を示すが、昇温により記録層53と交

換結合してその磁化方向を再生層51に転写する。記録層53は、記録用磁界を印加しながらキュリー温度付近に昇温することにより磁化方向を反転させ、これにより熱磁気記録が行われる。

【0006】記録層53に記録されたデータを再生する場合は、媒体上に形成されたレーザスポット55内に生じる温度勾配を利用して、微小な記録マークを再生する。レーザスポット55内の温度が低い領域では、中間層52の磁化は面内方向を向いているので再生層51の磁化は上方向に揃う（フロントマスク）。一方、低温領域よりも温度が高い中間温度領域領域では、記録層53が中間層52と交換結合し、中間層52が再生層51と交換結合して記録層53のデータを再生層51に転写し、開口部を形成する。さらに温度が高い高温領域では、中間層52のキュリー温度 T_c 2以上になり、再生層51の磁化方向が再生磁場方向に揃う（リアマスク）。このように、RAD方式を用いて磁気光学的出力を抽出した場合は、レーザスポット55内において低温領域と高温領域とが磁気的にマスクを形成し、光磁気信号を讀出さない。また、大きな磁場を印加する初期化磁石を設けずに超解像再生が可能であり、且つ高い再生出力を得ることができ、レーザ光の波長の回折限界以下の小さなマークを正確に再生できる。

【0007】次に、図34に示すFAD方式について説明する。FAD方式は、レーザスポット55内の高温領域をマスク領域とし、低温領域から記録マークを讀出す。この光磁気ディスク60は、図34に示すように、基板（図示せず）上に再生層61、スイッチ層62及び記録層63をこの順に積層して構成されている。室温においてはスイッチ層62を介した交換結合力によって再生層61の磁化の向きは記録層63と同じとなる。しかしながら、再生層のレーザ光の照射によって温度が上昇してスイッチ層62のキュリー温度を越えた部分（マスク）では記録層63からの交換結合力が切れるので、その部分の再生層61の磁化の向きは、外部から印加する再生磁界の向きに揃う。その結果、高温領域は形成された記録マークを覆い隠すマスクとなり、低温領域では記録層63の記録データが再生層61に転写されて開口部が形成される。しかしながらこの方式では、低温領域からの再生であるため開口部が広く、得られる信号出力は上述したRAD方式よりも小さい。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】このようなMSR媒体の記録マークをマークエッジ記録方式により形成することによって、さらに情報が高密度記録され得る。以下に、従来のマークエッジ記録方式による記録マークの形成方法を説明する。図35は、従来のマークエッジ記録方式によるレーザ光の記録波形及び記録マーク長を示した図であり、マルチパルス記録方式により記録マークが形成されている。図に示すように、2Tのマーク長の記

録マーク形成部では、パワー値 P_w1 でレーザ光を $(3/2)$ T期間照射する。そして、パワー値 P_h でT期間照射した後、次の記録マーク形成部までパワー値 P_a で照射してスペース部を形成している。ここでTはクロック周期である。

【0009】3Tの記録マーク形成部では、パワー値 P_w1 でレーザ光を $(3/2)$ T期間照射した後、パワー値 P_a で $(1/2)$ T期間、パワー値 P_w2 で $(1/2)$ T期間照射する。また、4Tの記録マーク形成部では、パワー値 P_w1 でレーザ光を $(3/2)$ T期間照射した後、パワー値 P_a とパワー値 P_w2 とを $(1/2)$ T期間ずつ交互に2回照射する。なお、ここでパワー値は、 $P_w2 > P_w1 > P_a > P_h$ の関係を満たしている。このようなマルチパルス記録方式では、3T以上の記録マーク形成部にて、パワー値 P_w1 のレーザ光を照射した後には上線がパワー値 P_w2 で下線がパワー値 P_a のバース光を記録マークの長さに応じた数だけ照射する。これにより記録マークが長くなるほどバース光の数が多くなるので、記録周波数が低い場合即ち記録マークが長い場合でも必要以上の熱を蓄積せず、記録マークのエッジシフトを低減することができる。

【0010】しかしながら、上述したようなMSR媒体にマルチパルス記録方式により記録マークを形成した場合には、記録周波数が高い信号に対しては再生ビーム光径よりも小径の記録マークを形成しなければならず、記録ビームの光径を絞って照射する。このとき記録マークのエッジに与える熱の影響が通常の記録ビーム光の照射の場合よりも大きくなり、これにより、例えば2T及び3Tのような短い記録マークでエッジシフトが生じ易いという問題があった。

【0011】本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、5値のパワー値を用いたマルチパルス記録方式により記録マークを形成することにより、高周波記録に対するエッジシフト及びジッタを低減できる情報記録方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】第1発明に係る光記録媒体の情報記録方法は、パルス発光されるビーム光の光記録媒体への照射熱により、一連の記録マーク及び該記録マーク間のスペースが形成され、記録すべき二値情報の一方を前記記録マークの前縁及び後縁に対応させて光記録媒体に情報を記録する情報記録方法において、前記記録マーク及びスペースは、パルスの最下縁であるボトムパワー値を含む少なくとも5値のパワー値を用いて形成され、前記記録マークを形成するためのビーム光のパワー値には前記ボトムパワー値を含んで少なくとも4値を用い、前記スペースを形成するためのビーム光のパワー値には前記ボトムパワー値を含んで少なくとも2値を用いることを特徴とする。

【0013】第2発明に係る光記録媒体の情報記録方法

は、第1発明において、前記記録マークを形成するためのビーム光のパワー値は、前記ボトムパワー値を除いて、前記スペースを形成するためのビーム光のパワー値と異なる値を有することを特徴とする。

【0014】第3発明に係る光記録媒体の情報記録方法は、パルス発光されるビーム光の光記録媒体への照射熱により、一連の記録マーク及び該記録マーク間のスペースが形成され、記録すべき二値情報の一方を前記記録マークの前縁及び後縁に対応させて光記録媒体に情報を記録する情報記録方法において、前記記録マーク及びスペースは、前記光記録媒体の冷却のためのボトムパワー値 P_b と、前記記録マークの形成のための第1の主熱パワー値 P_{w1} 、第2の主熱パワー値 P_{w2} 及び第1の予熱パワー値 P_{aw} と、前記スペースの形成のための第2の予熱パワー値 P_{ae} とを用いて形成され、 $P_{w1} > P_{aw}$ 、 $P_{w1} > P_{ae}$ 、 $P_{w1} > P_b$ 、 $P_{w2} > P_{aw}$ 、 $P_{w2} > P_{ae}$ 、 $P_{w2} > P_b$ 、 $P_{aw} > P_b$ 、 $P_{ae} > P_b$ 、 $P_{aw} \neq P_{ae}$ の関係を満たすことを特徴とする。

【0015】第1、第2及び第3発明にあっては、前記ボトムパワー値を含んだ少なくとも4値のパワー値を用いて記録マークを形成することにより、再生ビーム光径よりも小径の記録マークをMSR媒体に形成した場合でも、記録マークのエッジシフト及びジッタの増大を抑制できる。後述する図5には本発明の実施の形態の5値のパワー値の記録波形が示され、図12には比較例である4値のパワー値の記録波形が示されている。両者の相違は記録マークの形成の際のパルス下縁のパワー値である。本発明の実施の形態ではパルス下縁は第1の予熱パワー値 P_{aw} であり、スペース部の予熱パワー値 P_{ae} と異なるのに対し、比較例ではパルス下縁はパワー値 P_a であり、スペース部の予熱パワー値と同値である。これらの記録波形で記録マークを夫々形成した場合に、後述する図8～図9及び図13～図14に示した結果から、本発明の実施の形態では比較例と比べて特に高周波記録に対するエッジシフト及びジッタが低減されていることが判る。

【0016】第4発明に係る光記録媒体の情報記録方法は、第3発明において、前記ボトムパワー値 P_b は、 $P_b = 0$ の関係を満たすことを特徴とする。

【0017】第4発明にあっては、後述する本発明の実施の形態についての測定結果から（図15、図22及び図29参照）、 $P_b = 0$ の場合にエッジシフト及びジッタがさらに低減されると言える。

【0018】第5発明に係る光記録媒体の情報記録方法は、第3発明において、前記第1の主熱パワー値 P_{w1} 及び第2の主熱パワー値 P_{w2} は、 $P_{w1} - 1.5 \text{ mW} \leq P_{w2} \leq P_{w1} + 1.5 \text{ mW}$ の関係を満たすことを特徴とする。

【0019】第5発明にあっては、後述する本発明の実

施の形態についての測定結果から（図16、図23及び図30参照）、 $P_{w1} - 1.5 \text{ mW} \leq P_{w2} \leq P_{w1} + 1.5 \text{ mW}$ の場合にエッジシフト及びジッタがさらに低減されると言える。

【0020】第6発明に係る光記録媒体の情報記録方法は、第3発明において、前記第1の主熱パワー値 P_{w1} 及び前記第1の予熱パワー値 P_{aw} は、 $1.5 \text{ mW} \leq P_{w1} / P_{aw} \leq 3.5 \text{ mW}$ の関係を満たすことを特徴とする。

【0021】第6発明にあっては、後述する本発明の実施の形態についての測定結果から（図17、図24及び図31参照）、 $1.5 \text{ mW} \leq P_{w1} / P_{aw} \leq 3.5 \text{ mW}$ の場合にエッジシフト及びジッタがさらに低減されると言える。

【0022】第7発明に係る光記録媒体の情報記録方法は、第3発明において、前記第1の予熱パワー値 P_{w1} 及び前記第2の予熱パワー値 P_{ae} は、 $1.8 \leq P_{w1} / P_{ae}$ の関係を満たすことを特徴とする。

【0023】第7発明にあっては、後述する本発明の実施の形態についての測定結果から（図18、図25及び図32参照）、 $1.8 \leq P_{w1} / P_{ae}$ の場合にエッジシフト及びジッタがさらに低減されると言える。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明をその実施の形態を示す図面に基づき具体的に説明する。図1は本発明の記録方法の実施に用いる記録再生装置の構成を示すブロック図である。図中、Dは後述する膜構成を有する光磁気ディスクであり、光ヘッド部12に対向して配されている。入力系端子を経て、符号化された記録すべきデータがAPC（レーザパワー自動制御機構）1に入力される。APC1は光ヘッド部12から出射されるレーザ光のパワーを制御する信号を出力する制御機構であり、入力されたデータに応じた信号 $a \sim f$ をLD（レーザダイオード）回路2へ出力するようになっている。

【0025】図2は図1に示すLD回路2の構成を示す回路図である。LD回路2は、半導体レーザ光源23と半導体レーザ光源23の制御回路とを備えており、入力された信号に基づいて半導体レーザ光源23から所定のパワー値のレーザ光を出射せしめる回路である。図2に示すように、半導体レーザ光源23の制御回路は第1～第6定電流源 I_{w1} 、 I_{w2} 、 I_{aw} 、 I_{ae} 、 I_b 、 I_r と、各定電流源と半導体レーザ光源23との間に接続された第1～第6スイッチ SW_1 、 SW_2 、 SW_3 、 SW_4 、 SW_5 、 SW_6 とを備えて構成されている。第1～第6スイッチ $SW_1 \sim SW_6$ の夫々は、第1～第6定電流源 $I_{w1} \sim I_r$ 夫々から半導体レーザ光源23への電流の供給/遮断を、そのオン/オフに応じて行ない、第1～第6スイッチ $SW_1 \sim SW_6$ のオン/オフの制御は、APC1から入力される信号 $a \sim f$ の出力に応じて夫々行なわれるようになっている。

【0026】即ち、第1の定電流源 I_{w1} は、信号aにより第1のスイッチ SW_1 が閉じたときに設定電流値を半導体レーザ光源に与える。第2の定電流源 I_{w2} は、信号bにより第2のスイッチ SW_2 が閉じたときに設定電流値を半導体レーザ光源に与える。第3の定電流源 I_{w3} は、信号cにより第3のスイッチ SW_3 が閉じたときに設定電流値を半導体レーザ光源に与える。第4の定電流源 I_{w4} は、信号dにより第4のスイッチ SW_4 が閉じたときに設定電流値を半導体レーザ光源に与える。第5の定電流源 I_{w5} は、信号eにより第5のスイッチ SW_5 が閉じたときに設定電流値を半導体レーザ光源に与える。第6の定電流源 I_{w6} は、信号fにより第6のスイッチ SW_6 が閉じたときに設定電流値を半導体レーザ光源に与える。そして、半導体レーザ光源23に給与される電流値は、第1～第6定電流源 $I_{w1} \sim I_{w6}$ から供給された設定電流値を加算した値となる。

【0027】以上の如き構成のレーザ回路2により出射されたレーザ光は、光ヘッド部12が備える光学機構13を経て光磁気ディスクDに照射され、(1, 7) RLL変調符号が光磁気記録ディスクDに記録される。このとき光磁気ディスクDは、図示しないモータにより2400 rpmで回転される。なお、(1, 7) RLL変調符号における最短マークは $0.34 \mu m$ であり、レーザ光の波長は680 nmで、光学機構13の対物レンズのNA(開口数)は0.55である。このように光磁気ディスクDに記録されたデータは、再生用のレーザ光が光磁気ディスクDに照射され、その反射光が光学機構13を経てPD(フォトダイオード)回路3へ入光され、電気信号に変換されてプリアンプ4へ入力される。プリアンプ4にて増幅された再生信号はLPF(ローパスフィルタ)5へ入力されて高周波域の雑音が除かれ、出力系端子から出力されるようになっている。

【0028】次に、本発明の情報記録方法に使用する光磁気ディスクDの膜構成について説明する。図3は本発明に用いる光磁気ディスクの膜構成図である。図3に示すように、光磁気ディスクDは、 $0.6 \mu m$ ピッチにてランド及びグループが夫々形成されたランド/グループ記録が可能な基板31上に誘電体層32、再生層33、中間層34、記録層35及び保護層36を積層して構成されている。また図4は本発明に用いる他の光磁気ディスクの膜構成図であり、保護層36上に反射層37を積層した構成である。いずれも図3及び図4に示したMSR再生が可能な膜構成を有している。

【0029】第1の実施の形態

上述した記録再生装置を用いて、光磁気ディスクDのランド及びグループの両方に(1, 7) RLL変調符号を記録した。図5は、本発明の第1の実施の形態の記録方法による記録波形及び記録マークを示す図であり、マルチパルス記録方式により記録マークが形成される。光磁気ディスクDの膜構成は図3に示す膜構成と同様であ

り、基板31及び各層は以下に示す膜材料及び膜厚を有し、図34にて説明した再生原理と同様にFAD方式のMSR再生が可能である。

基板31: ポリカーボネート

誘電体層32: SiN , $70 nm$

再生層33: $GdFeCo$ (希土類磁化優勢), $27 nm$

中間層34: $TbFe$ (遷移金属磁化優勢), $8 nm$

記録層35: $TbFeCo$ (遷移金属磁化優勢), $50 nm$

保護層36: SiN , $90 nm$

【0030】図5に示すように、2Tのマーク長の記録マーク形成部では、前記第1の主熱パワー値 P_{w1} でレーザ光を $(1/2)T$ 期間照射し、前記第1の予熱パワー値 P_{aw} で $(1/2)T$ 期間照射し、再びパワー値 P_{w1} で $(1/2)T$ 期間照射した後、前記ボトムパワー値 P_b で $(1/2)T$ 期間レーザ光を照射する。そしてスペース部では、続いて $(1/2)T$ 期間だけパワー値 P_b で照射し、次の記録マーク形成部の $(1/2)T$ 期間前までを前記第2の予熱パワー値 P_{ae} で照射し、 $(1/2)T$ 期間をパワー値 P_b で照射している。ここでTはクロック周期である。

【0031】3Tの記録マーク形成部では、パワー値 P_{w1} でレーザ光を $(1/2)T$ 期間照射した後、パワー値 P_{aw} で $(1/2)T$ 期間、前記第2の主熱パワー値 P_{w2} で $(1/2)T$ 期間、パワー値 P_{aw} で $(1/2)T$ 期間照射し、再度パワー値 P_{w1} で $(1/2)T$ 期間照射した後、パワー値 P_b で $(1/2)T$ 期間照射する。4Tの記録マーク形成部では、パワー値 P_{w1} でレーザ光を $(1/2)T$ 期間照射した後、パワー値 P_{aw} とパワー値 P_{w2} とを $(1/2)T$ 期間ずつ交互に2回ずつ照射し、パワー値 P_{aw} を $(1/2)T$ 期間、パワー値 P_{w1} を $(1/2)T$ 期間、そしてパワー値 P_b を $(1/2)T$ 期間照射する。

【0032】このように本実施の形態では、記録マーク形成部は、最短マーク(2T)に上縁がパワー値 P_{w1} で下縁がパワー値 P_{aw} のパルス光を用い、3T以上では上縁が P_{w1} で下縁が P_{aw} のパルス光と上縁が P_{w2} で下縁が P_{aw} のパルス光とを用いている。3T以上の記録マークにおいて、上縁が P_{w2} のパルス光は記録マークの長さに応じた数だけ照射される。また、各記録マーク間のスペース部は、上述したように、パワー値 P_b で $(1/2)T$ 期間レーザ光を照射した後、次の記録マーク形成部の $(1/2)T$ 期間前までをパワー値 P_{ae} で照射し、 $(1/2)T$ 期間をパワー値 P_b で照射して形成しており、始めと終わりの $(1/2)T$ 期間をパワー値 P_b のレーザ光で照射することにより、記録マークのエッジをシャープに形成してある。また、各記録マーク形成部の終わりの $(1/2)T$ 期間をパワー値 P_b のレーザ光で照射することにより、次の記録マークへの

蓄熱の影響を緩和している。

【0033】なお、本実施の形態では、レーザ光のパワー値は $Pw1 > Paw$, $Pw1 > Pae$, $Pw1 > Pb$, $Pw2 > Paw$, $Pw2 > Pae$, $Pw2 > Pb$, $Paw > Pb$, $Pae > Pb$, $Paw \neq Pae$ を満たしている。レーザ光をパワー値 Pb で照射する際は、図2に示す第5及び第6のスイッチ SW_5 , SW_6 がオンであり、パワー値 Pae で照射する際は、第4～第6のスイッチ SW_4 , SW_5 , SW_6 がオンである。また、パワー値 Paw で照射する際は第3～第6のスイッチ SW_3 , SW_4 , SW_5 , SW_6 がオン、パワー値 $Pw1$ で照射する際は第2～第6のスイッチ SW_2 , SW_3 , SW_4 , SW_5 , SW_6 がオン、そしてパワー値 $Pw2$ で照射する際は第1～第6のスイッチ SW_1 , SW_2 , SW_3 , SW_4 , SW_5 , SW_6 がオンである。

【0034】このように第1の実施の形態の記録方式にあっては、レーザ光のパワー値は、記録マークを形成する際に $Pw1$, $Pw2$, Paw , Pb の4値に変調され、スペースを形成する際に Pae , Pb の2値に変調され、計5値のパワー値を用いて光磁気ディスクDに情報が記録される。

【0035】以上の如き記録方法により形成された記録マークのエッジシフト及びジッタを測定した。エッジシフトを評価するために、パターンシフトパターンで記録した記録マークとサーマルシフトパターンで記録した記録マークとの夫々についてエッジのシフト量を測定した。図6及び図7は、パターンシフト及びサーマルシフトを測定するための記録マーク長及びスペース間隔を示す図である。図6に示すように、パターンシフトパターンではスペース間隔を一定にして記録マーク長を変化させてある。このパターンでは、記録マークを形成した際の熱が記録マークのリアエッジに与える影響を見ることができる。また図7に示すように、サーマルシフトパターンでは記録マーク長を一定にしてスペース間隔を変化させてある。このパターンでは、スペース間隔での予熱が次の記録マークのフロントエッジに与える影響を見ることができる。

【0036】上述した第1の実施の形態の記録方法を用いて、記録マークをパターンシフトパターン及びサーマルシフトパターンの両方について形成し、パターンシフト及びサーマルシフトの夫々を測定した。図8は記録マークのシフトを測定した結果を示すグラフである。縦軸はシフト(%)を示し、横軸は記録パターン長($\times T$)を示している。パターンシフトパターンのシフト(%)は、形成された記録マークの長さに応じた時間をタイムインターバルアナライザを用いて測定し、最短記録マーク((1, 7) RLL変調符号の場合は2T)の時間を基準として夫々の長さの記録マークの時間差の割合を求めている。またサーマルシフトパターンのシフト(%)は、同様にスペースの長さに応じた時間を測定し、最長スペース((1, 7) RLL変調符号の場合は8T)の

時間を基準として夫々の長さのスペースの時間差の割合を求めている。図8から、パターンシフトの範囲は $\pm 2.5\%$ であり、サーマルシフトの範囲は $\pm 4\%$ であることが判る。

【0037】また、第1の実施の形態の記録方法を用いて、記録マークをランダムパターン(パターンシフトパターンとサーマルシフトパターンとが混在したパターン)で形成し、測定したジッタ(%)から記録パワーマージンを求めた。図9は記録パワーマージンを求めた結果を示すグラフである。縦軸はジッタ(%)を示し、横軸はパワー値 $Pw1$ を示している。ここでジッタ10%以下を記録パワーマージンとする。図9から記録パワーマージンは $\pm 15.0\%$ であることが判る。なお、ジッタの測定は、記録マークのエッジと基準クロックのエッジとの時間的ずれの標準偏差を算出しており、基準クロックに対する割合を示している。また、図9に示す夫々のパワー値 $Pw1$ のジッタは、各パワー値 $Pw1$ に対してパワー値 $Pw2$ を異ならせて測定したジッタのうち、最も良好な値を示している。

【0038】次に、第1の実施の形態と比較するために、図35に示したようにレーザ光のパワー値を4値に変調する従来の記録方法により記録マークを形成し、そのシフト及び記録パワーマージンを測定した。従来の記録方法に用いた光磁気ディスクは、第1の実施の形態で用いた光磁気ディスクDと同様の膜構成を有し、シフト及び記録パワーマージンの測定方法については第1の実施の形態と同様である。図10は、従来の記録マークのシフトを測定した結果を示すグラフであり、図11は、従来の記録方法の記録パワーマージンを求めた結果を示すグラフである。なお、シフト及び記録パワーマージンの測定方法は図8及び図9と同様である。

【0039】図10から、レーザ光を4値に変調して形成した従来の記録マークのパターンシフト及びサーマルシフトは、共に $\pm 10\%$ を外れていることが判る。また、図11から、記録パワーマージンは $\pm 7.6\%$ であることが判る。通常、光磁気記録装置の信頼性を考えた場合に、光磁気ディスクの記録マークのシフトは $\pm 10\%$ 内、ジッタは $\pm 10\%$ 内に抑える必要がある。従来の記録方法では、最短の記録マークがビーム径よりも小径であるために、2T, 3Tの記録マークのシフトが大きくなり(図10参照)、このために記録マークのシフト及びジッタが増大していると考えられる。

【0040】さらに第1の実施の形態と比較するために、記録マークの形成の際の予熱パワー値をスペースの予熱パワー値と同値にした比較例の記録方法により記録マークを形成し、そのシフト及び記録パワーマージンを測定した。図12は、比較例の記録方法による記録波形及び記録マークを示す図である。比較例の記録方法に用いた光磁気ディスクは、第1の実施の形態で用いた光磁気ディスクDと同様の膜構成を有し、シフト及び記録パ

ワーマージンの測定方法については第1の実施の形態と同様である。図13は、比較例の記録マークのシフトを測定した結果を示すグラフであり、図14は、比較例の記録方法の記録パワーマージンを求めた結果を示すグラフである。なお、シフト及び記録パワーマージンの測定方法は図8及び図9と同様である。

【0041】図13から、比較例の記録マークのサーマルシフトは±10%以内であるがパターンシフトは±10%を外れていることが判る。また、図14から、記録パワーマージンは零であることが判る。このように比較例では、従来と同様に記録マークのシフト及びジッタが増大していると考えられる。

【0042】これに対して第1の実施の形態は、パターンシフトは±2.5%、サーマルシフトは±4%であり、2T、3Tの記録マークについてもシフトは±10%を外れていない。また、記録パワーマージンは±15.0%である。このことから、第1の実施の形態の記録方法により、MSR再生可能な光磁気ディスクDに高密度に記録マークを形成した場合でも、高周波域記録のシフトを十分に低減でき、ジッタを大幅に低減できると言える。

【0043】次に、第1の実施の形態による記録方法で、パワー値Pbを変化させた場合のシフト及び記録パワーマージンの変化を調べた。図15はその結果を示すグラフであり、縦軸は記録パワーマージン(%)及びシフト(%)を示し、横軸はパワー値Pb(mW)を示している。ここで、シフト及び記録パワーマージンは、夫々のパワー値Pbについて図8及び図9に示す如く求めたシフト範囲及び記録パワーマージンの絶対値を示している。なお、このときのパワー値Pw1は6mW、Pw2は6.2mW、Pawは3.0mW、Paeは1.2mWであり、記録パワーマージンについては、図9に示すようにパワー値Pw1を異ならせて求めた値である。

【0044】図15から判るように、パワー値Pbが0mWである場合に、シフトが最小であり、記録パワーマージンが最大である。これにより、第1の実施の形態の記録方法において、パワー値Pbを0mWとすることが好ましいと言える。

【0045】また、第1の実施の形態による記録方法で、パワー値Pw2からPw1を減じた値 $\Delta Pw21$ を変化させた場合のシフト及び記録パワーマージンの変化を調べた。図16はその結果を示すグラフであり、縦軸は記録パワーマージン(%)及びシフト(%)を示し、横軸はパワー値 $\Delta Pw21$ (mW)を示している。ここで、シフト及び記録パワーマージンは、図15と同様に、夫々のパワー値 $\Delta Pw21$ についてシフト範囲及び記録パワーマージンを求めた値を示している。なお、このときのパワー値Pw1は6mW、Pawは3.0mW、Paeは1.2mW、Pbは0mWであり、記録パワーマージンについては、図9に示すようにパワー値Pw1を異ならせて求めた値である。

【0046】図16から、パワー値 $\Delta Pw21$ が±1.0mW内である場合に十分なマージンが得られることが判る。これにより、第1の実施の形態の記録方法において、パワー値(Pw2-Pw1)を±1.0mWとすることが好ましいと言える。また、パワー値(Pw2-Pw1)が1.7mWのときにパターンシフトが16%であることから、記録パワーマージンを低下させる要因はパターンシフトであることが判る。

【0047】さらに、第1の実施の形態による記録方法で、パワー値Pw1/Pawを変化させた場合のシフト及び記録パワーマージンの変化を調べた。図17はその結果を示すグラフであり、縦軸は記録パワーマージン(%)及びシフト(%)を示し、横軸はパワー値Pw1/Pawを示している。ここで、シフト及び記録パワーマージンは、図15と同様に、夫々のパワー値Pw1/Pawについてシフト範囲及び記録パワーマージンを求めた値を示している。なお、このときのパワー値Pw1は6mW、Pw2は6.2mW、Paeは1.2mW、Pbは0mWであり、記録パワーマージンについては、図9に示すようにパワー値Pw1を異ならせて求めた値である。

【0048】図17から、パワー値Pw1/Pawが1.5～3のときにシフト及び記録パワーマージンが十分な値であることが判る。これにより、第1の実施の形態の記録方法において、パワー値Pw1/Pawを1.5～3とすることが好ましいと言える。

【0049】さらにまた、第1の実施の形態による記録方法で、パワー値Pw1/Paeを変化させた場合のシフト及び記録パワーマージンの変化を調べた。図18はその結果を示すグラフであり、縦軸は記録パワーマージン(%)及びシフト(%)を示し、横軸はパワー値Pw1/Paeを示している。ここで、シフト及び記録パワーマージンは、図15と同様に、夫々のパワー値Pw1/Paeについてシフト範囲及び記録パワーマージンを求めた値を示している。なお、このときのパワー値Pw1は6mW、Pw2は6.2mW、Pawは3.0mW、Pbは0mWであり、記録パワーマージンについては、図9に示すようにパワー値Pw1を異ならせて求めた値である。

【0050】図18から、パワー値Pw1/Paeが2.0以上のときにシフト及び記録パワーマージンが十分な値であることが判る。これにより、第1の実施の形態の記録方法において、パワー値Pw1/Paeを2.0以上とすることが好ましいと言える。なお、パワー値Pw1/Paeの最大値は、レーザ光の最低パワー値のレンジ限界により、無限大にかぎりなく近い値である。

【0051】第2の実施の形態

図5の記録波形を用いてRAD方式のMSR媒体(RAD媒体)への記録を行なったところ、上述したFAD方式のMSR媒体(FAD媒体)ほどの効果が得られない

ことが判った。これは、RAD媒体はFAD媒体よりも高い分解能が要求されること、即ちアバーチャが狭いことが原因である。そこで、他の記録波形を用いて、RAD媒体である光磁気ディスクDのランド及びグルーブの両方に(1/7)RLI変調符号を記録した。図19は、第2の実施の形態の記録方法による記録波形及び記録マークを示す図であり、マルチパルス記録方式により記録マークが形成されている。光磁気ディスクDの膜構成は図3に示す膜構成と同様であり、基板31及び各層は以下に示す膜材料及び膜厚を有し、図33にて説明した再生原理と同様にRAD方式のMSR再生が可能である。

基板31:ポリカーボネート

誘電体層32:SiN, 70nm

再生層33:GdFeCo(遷移金属類磁化優勢), 40nm

中間層34:GdFe(希土類磁化優勢), 40nm

記録層35:TbFeCo(遷移金属磁化優勢), 50nm

保護層36:SiN, 60nm

【0052】図19に示すように、2Tのマーク長の記録マーク形成部では、パワー値Pw1でレーザ光を(1/2)T期間照射し、パワー値Pawで(1/2)T期間照射し、再びパワー値Pw1で(1/2)T期間照射して、パワー値Pbで(1/2)T期間レーザ光を照射する。その後、スペース部では続いてT期間をパワー値Pbで照射し、次の記録マーク形成部の(1/2)T期間前までをパワー値Paeで照射し、(1/2)T期間をパワー値Pbで照射している。

【0053】3Tの記録マーク形成部では、パワー値Pw2でレーザ光を(1/2)T期間照射した後、パワー値Pawで(1/2)T期間照射し、パワー値Pw2で(1/2)T期間、パワー値Pawで(1/2)T期間、再度パワー値Pw2で(1/2)T期間照射して、パワー値Pbで(1/2)T期間レーザ光を照射する。4Tの記録マーク形成部では、パワー値Pw2でレーザ光を(1/2)T期間照射した後、パワー値Pawとパワー値Pw2とを(1/2)T期間ずつ交互に3回ずつ照射し、パワー値Pbを(1/2)T期間照射する。このように本実施の形態では、記録マーク形成部は最短マーク(2T)では上縁がPw1で下縁がPawのバース光を用い、3T以降では上縁がPw2で下縁がPawのバース光を記録マークの長さに応じた数だけ照射している。

【0054】各スペース部は、上述したように、パワー値PbでT期間レーザ光を照射し、次の記録マーク形成部の(1/2)T期間前までをパワー値Paeで照射した後、(1/2)T期間をパワー値Pbで照射して形成しており、始めのT期間と終わりの(1/2)T期間とをパワー値Pbのレーザ光で照射することにより、記録

マークのエッジをシャープに形成してある。また、各記録マーク形成部の終わりの(1/2)T期間をパワー値Pbのレーザ光で照射することにより、次の記録マークへの蓄積熱の影響を緩和している。

【0055】なお、本実施の形態では、レーザ光のパワー値は $Pw1 > Paw$, $Pw1 > Pae$, $Pw1 > Pb$, $Pw2 > Paw$, $Pw2 > Pae$, $Pw2 > Pb$, $Paw > Pb$, $Pae > Pb$, $Paw = Pae$ を満たしている。レーザ光を各パワー値で照射する際の各スイッチのオン/オフ制御は第1の実施の形態と同様であり、その説明を省略する。

【0056】このように第2の実施の形態の記録方式にあっては、レーザ光のパワー値が、記録マークを形成する際にPw1, Pw2, Paw, Pbの4値に変調され、スペースを形成する際にPae, Pbの2値に変調されており、計5値のパワー値を用いて光磁気ディスクDに情報が記録される。

【0057】以上の如き記録方法により形成された記録マークのエッジシフト及びジッタを第1の実施の形態と同様に測定した。図20は記録マークのシフトを測定した結果を示すグラフであり、図21は記録パワーマージンを求めた結果を示すグラフである。図20及び図21から、パターンシフト及びサーマルシフトの範囲は夫々±10%以内であり、記録パワーマージンは±17.2%であることが判る。

【0058】また第2の実施の形態について、図12に示す比較例と同様の記録マークを形成し、そのエッジシフト及びジッタを測定したところ、第2の実施の形態と比較して何れの値も劣っていることが認められた。これらにより、第2の実施の形態の記録方法により、MSR再生可能な光磁気ディスクDに高密度に記録マークを形成した場合でも、高周波域記録のシフトを十分に低減でき、ジッタを大幅に低減できると言える。

【0059】次に、第2の実施の形態による記録方法で、パワー値Pbを変化させた場合のシフト及び記録パワーマージンの変化を調べた。図22はその結果を示すグラフであり、図22から判るように、パワー値Pbが0mWである場合に、シフトが最小であり、記録パワーマージンが最大である。これにより、第2の実施の形態の記録方法において、パワー値Pbを0mWとすることが好ましいと言える。なお、このときのパワー値Pw1は6.4mW、Pw2は6.0mW、Pawは3.0mW、Paeは1.4mWであり、記録パワーマージンについては、図9に示すようにパワー値Pw1を異ならせて求めた値である。

【0060】また、第2の実施の形態による記録方法で、パワー値Pw2からPw1を減じた値 $\Delta Pw21$ を変化させた場合のシフト及び記録パワーマージンの変化を調べた。図23はその結果を示すグラフであり、図23から、パワー値 $\Delta Pw21$ が-1.5mW～+1.0mW

である場合に十分なマージンが得られることが判る。これにより、第2の実施の形態の記録方法において、パワー値($Pw2 - Pw1$)を $-1.5 \text{ mW} \sim +1.0 \text{ mW}$ とすることが好ましいと言える。

【0061】また、パワー値($Pw2 - Pw1$)が 1.7 mW のときにパターンシフトが16%であることから、記録パワーマージンを低下させる要因はパターンシフトであることが判る。なお、このときのパワー値 $Pw1$ は 6.4 mW 、 Paw は 3.0 mW 、 $Paе$ は 1.4 mW 、 Pb は 0 mW であり、記録パワーマージンについては、図9に示すようにパワー値 $Pw1$ を異ならせて求めた値である。

【0062】さらに、第2の実施の形態による記録方法で、パワー値 $Pw1/Paw$ を変化させた場合のシフト及び記録パワーマージンの変化を調べた。図24はその結果を示すグラフであり、図24から、パワー値 $Pw1/Paw$ が $1.5 \sim 3.5$ のときにシフト及び記録パワーマージンが十分な値であることが判る。これにより、第2の実施の形態の記録方法において、パワー値 $Pw1/Paw$ を $1.5 \sim 3.5$ とすることが好ましいと言える。なお、このときのパワー値 $Pw1$ は 6.4 mW 、 $Pw2$ は 6.0 mW 、 $Paе$ は 1.4 mW 、 Pb は 0 mW であり、記録パワーマージンについては、図9に示すようにパワー値 $Pw1$ を異ならせて求めた値である。

【0063】さらにまた、第2の実施の形態による記録方法で、パワー値 $Pw1/Pae$ を変化させた場合のシフト及び記録パワーマージンの変化を調べた。図25はその結果を示すグラフであり、図25から、パワー値 $Pw1/Pae$ が 1.8 以上のときにシフト及び記録パワーマージンが十分な値であることが判る。これにより、第2の実施の形態の記録方法において、パワー値 $Pw1/Pae$ を 1.8 以上とすることが好ましいと言える。なお、このときのパワー値 $Pw1$ は 6.4 mW 、 $Pw2$ は 6.0 mW 、 Paw は 3.0 mW 、 Pb は 0 mW であり、記録パワーマージンについては、図9に示すようにパワー値 $Pw1$ を異ならせて求めた値である。また、パワー値 $Pw1/Pae$ の最大値は、レーザ光の最低パワー値のレンジ限界により、無限大にかぎりなく近い値である。

【0064】なお、図20～図25に示した夫々のグラフは、図8、図9、図15～図18に示すグラフと同様に測定した結果を示している。

【0065】第3の実施の形態

さらに他の記録波形を用いて、RAD媒体である光磁気ディスクDのランド及びグルーブの両方に(1, 7)RLL変調符号を記録した。図26は、第3の実施の形態の記録方法による記録波形及び記録マークを示す図であり、マルチパルス記録方式により記録マークが形成されている。光磁気ディスクDの膜構成は図4に示す膜構成と同様であり、基板31及び各層は以下に示す膜材料及び膜厚を有し、図33にて説明した再生原理と同様にR

AD方式のMSR再生が可能である。

基板31: ポリカーボネート

誘電体層32: SiN , 70 nm

再生層33: GdFeCo (遷移金属類磁化優勢), 35 nm

中間層34: GdFe (希土類磁化優勢), 35 nm

記録層35: TbFeCo (遷移金属磁化優勢), 45 nm

保護層36: SiN , 90 nm

10 反射層37: AlTi , 15 nm

【0066】図26に示すように、2Tのマーク長の記録マーク形成部では、パワー値 $Pw1$ でレーザ光を $(1/2)$ T期間照射し、パワー値 Paw で $(1/2)$ T期間照射し、再びパワー値 $Pw1$ で $(1/2)$ T期間照射して、パワー値 Pb で $(1/2)$ T期間レーザ光を照射する。その後、スペース部では続いてT期間をパワー値 Pb で照射し、次の記録マーク形成部の $(1/2)$ T期間前までをパワー値 $Paе$ で照射し、 $(1/2)$ T期間をパワー値 Pb で照射している。

20 【0067】3Tの記録マーク形成部では、パワー値 $Pw1$ でレーザ光を $(1/2)$ T期間照射した後、パワー値 Paw で $(1/2)$ T期間照射し、パワー値 $Pw1$ で $(1/2)$ T期間、パワー値 Paw で $(1/2)$ T期間、再度パワー値 $Pw1$ で $(1/2)$ T期間照射し、パワー値 Pb を $(1/2)$ T期間照射する。4Tの記録マーク形成部では、パワー値 $Pw2$ でレーザ光を $(1/2)$ T期間照射した後、パワー値 Paw とパワー値 $Pw2$ とを $(1/2)$ T期間ずつ交互に3回ずつ照射し、パワー値 Pb を $(1/2)$ T期間照射する。このように本実施の形態では、記録マーク形成部は最短マーク(2T)及び3Tの記録マークで、上縁が $Pw1$ で下縁が Paw のパルス光を用い、4T以降では上縁が $Pw2$ で下縁が Paw のパルス光を記録マークの長さに応じた数だけ照射している。

30 【0068】各スペース部は、上述したように、パワー値 Pb でT期間レーザ光を照射し、次の記録マーク形成部の $(1/2)$ T期間前までをパワー値 $Paе$ で照射した後、 $(1/2)$ T期間をパワー値 Pb で照射して形成しており、始めのT期間と終わりの $(1/2)$ T期間とをパワー値 Pb のレーザ光で照射することにより、記録マークのエッジをシャープに形成してある。また、各記録マーク形成部の終わりの $(1/2)$ T期間をパワー値 Pb のレーザ光で照射することにより、次の記録マークへの蓄熱の影響を緩和している。

50 【0069】なお、本実施の形態では、レーザ光のパワー値は $Pw1 > Paw$, $Pw1 > Paе$, $Pw1 > Pb$, $Pw2 > Paw$, $Pw2 > Paе$, $Pw2 > Pb$, $Paw > Pb$, $Paе > Pb$, $Paw = Paе$ を満たしている。レーザ光を各パワー値で照射する際の各スイッチのオン/オフ制御は第1の実施の形態と同様であり、

その説明を省略する。

【0070】このように第3の実施の形態の記録方式にあっては、レーザ光のパワー値が、記録マークを形成する際に $Pw1$ 、 $Pw2$ 、 Paw 、 Pb の4値に変調され、スペースを形成する際に Pa 、 Pb の2値に変調されており、計5値のパワー値を用いて光磁気ディスクDに情報が記録される。

【0071】以上の如き記録方法により形成された記録マークのエッジシフト及びジッタを第1の実施の形態と同様に測定した。図27は記録マークのシフトを測定した結果を示すグラフであり、図28は記録パワーマージンを求めた結果を示すグラフである。図27及び図28から、パターンシフト及びサーマルシフトの範囲は夫々 $\pm 10\%$ 以内であり、記録パワーマージンは $\pm 20.9\%$ であることが判る。

【0072】また第3の実施の形態について、図12に示す比較例と同様の記録マークを形成し、そのエッジシフト及びジッタを測定したところ、第3の実施の形態と比較して何れの値も劣っていることが認められた。これらにより、第3の実施の形態の記録方法により、MSR再生可能な光磁気ディスクDに高密度に記録マークを形成した場合でも、高周波記録のシフトを十分に低減でき、ジッタを大幅に低減できると言える。

【0073】次に、第3の実施の形態による記録方法で、パワー値 Pb を変化した場合のシフト及び記録パワーマージンの変化を調べた。図29はその結果を示すグラフであり、図29から判るように、パワー値 Pb が 0 mW である場合に、シフトが最小であり、記録パワーマージンが最大である。これにより、第3の実施の形態の記録方法において、パワー値 Pb を 0 mW とすることが好ましいと言え。なお、このときのパワー値 $Pw1$ は 7.0 mW 、 $Pw2$ は 6.0 mW 、 Paw は 2.8 mW 、 Pa は 2.2 mW であり、記録パワーマージンについては、図9に示すようにパワー値 $Pw1$ を異ならせて求めた値である。

【0074】また、第3の実施の形態による記録方法で、パワー値 $Pw2$ から $Pw1$ を減じた値 $\Delta Pw21$ を変化した場合のシフト及び記録パワーマージンの変化を調べた。図30はその結果を示すグラフであり、図30から、パワー値 $\Delta Pw21$ が $-1.5\text{ mW} \sim +1.0\text{ mW}$ である場合に十分なマージンが得られることが判る。これにより、第3の実施の形態の記録方法において、パワー値 $(Pw2 - Pw1)$ を $-1.5\text{ mW} \sim +1.0\text{ mW}$ とすることが好ましいと言え。なお、このときのパワー値 $Pw1$ は 7.0 mW 、 Paw は 2.8 mW 、 Pa は 2.2 mW 、 Pb は 0 mW であり、記録パワーマージンについては、図9に示すようにパワー値 $Pw1$ を異ならせて求めた値である。

【0075】さらに、第3の実施の形態による記録方法で、パワー値 $Pw1/Paw$ を変化した場合のシフト

及び記録パワーマージンの変化を調べた。図31はその結果を示すグラフであり、図31から、パワー値 $Pw1/Paw$ が $1.5 \sim 3.5$ のときにシフト及び記録パワーマージンが十分な値であることが判る。これにより、第3の実施の形態の記録方法において、パワー値 $Pw1/Paw$ を $1.5 \sim 3.5$ とすることが好ましいと言え。なお、このときのパワー値 $Pw1$ は 7.0 mW 、 $Pw2$ は 6.0 mW 、 Pa は 2.2 mW 、 Pb は 0 mW であり、記録パワーマージンについては、図9に示すようにパワー値 $Pw1$ を異ならせて求めた値である。

【0076】さらにまた、第3の実施の形態による記録方法で、パワー値 $Pw1/Pae$ を変化した場合のシフト及び記録パワーマージンの変化を調べた。図32はその結果を示すグラフであり、図32から、パワー値 $Pw1/Pae$ が 1.8 以上のときにシフト及び記録パワーマージンが十分な値であることが判る。これにより、第3の実施の形態の記録方法において、パワー値 $Pw1/Pae$ を 1.8 以上とすることが好ましいと言え。なお、このときのパワー値 $Pw1$ は 7.0 mW 、 $Pw2$ は 6.0 mW 、 Paw は 2.8 mW 、 Pb は 0 mW であり、記録パワーマージンについては、図9に示すようにパワー値 $Pw1$ を異ならせて求めた値である。また、パワー値 $Pw1/Pae$ の最大値は、レーザ光の最低パワー値のレンジ限界により、無限大にかぎりなく近い値である。

【0077】なお、図27～図32に示した夫々のグラフは、図8、図9、図15～図18に示すグラフと同様に測定した結果を示している。

【0078】また、第1～第3の実施の形態により、3.5インチ片面で2GBである媒体のスペックが、実現可能となる。

【0079】さらに、本発明の記録方法に用いる媒体は、上述した実施の形態の光磁気ディスクDの構成に限らず、以下に示す膜材料及び膜厚を有する光磁気記録媒体であっても第1～第3の実施の形態と同様の効果が得られる。

MSR媒体A (図3参照のFAD媒体)

基板31: ポリカーボネート

誘電体層32: SiN , 70 nm

再生層33: GdFeCo (希土類磁化優勢), 30 nm

中間層34: TbDyFe (遷移金属磁化優勢), 10 nm

記録層35: TbFeCo (遷移金属磁化優勢), 50 nm

保護層36: SiN , 90 nm

【0080】MSR媒体B (図4参照のFAD媒体)

基板31: ポリカーボネート

誘電体層32: SiN , 70 nm

再生層33: GdFeCo (希土類磁化優勢), 25 nm

中間層34: TbDyFe (遷移金属磁化優勢), 8 nm

記録層35: TbFeCo (遷移金属磁化優勢), 45 nm

保護層36: SiN, 1100 nm

反射層37: AlTi, 20 nm

【0081】MSR媒体C (図3参照のRAD媒体)

基板31: ポリカーボネート

誘電体層32: SiN, 70 nm

再生層33: DyFeCo (希土類磁化優勢), 40 nm

中間層34: GdFe (希土類磁化優勢), 35 nm

記録層35: TbFeCo (遷移金属磁化優勢), 50 nm

保護層36: SiN, 60 nm

【0082】さらにまた、上述した第1~第3の実施の形態では、記録マーク形成部のパルス下縁がパワー値 P_{aw} である場合を示しているが、これに限るものではなく、例えば記録マーク形成部のパルス下縁がパワー値 P_{ae} であっても、パワー値 $(P_{aw} - P_{ae})$ 分だけパルス上縁を高くし、5値のパワー値を用いることによりほぼ同様の効果を得ることができる。

【0083】さらにまた、環境温度が変化した場合、光磁気ディスクの記録半径位置の変化に伴う周速変化が生じた場合には、夫々のパワー値の比を一定に保った状態で記録パワーの条件を相対的に変化させることが有効であることは勿論である。さらに、夫々のパワー値の比を一定に保った状態で試行を行なうことにより、各パワー値の決定を確実に行なうことが可能である。

【0084】

【発明の効果】以上のように、本発明においては、記録マークの形成のためのビーム光のパワー値を少なくとも4値とし、記録マーク及びスペースの形成のために少なくとも5値のパワー値を用いることにより、MSR再生可能な光記録媒体に高密度に記録マークを形成した場合に、マーク長が短い記録マークのシフトを十分に低減でき、ジッタを大幅に低減できる等、本発明は優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の記録方法に用いる記録再生装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図1のLD回路の構成を示す回路図である。

【図3】本発明の記録方法により記録マークが形成される光磁気ディスクの膜構成図である。

【図4】本発明の記録方法により記録マークが形成される他の光磁気ディスクの膜構成図である。

【図5】第1の実施の形態の記録方法による記録波形及び記録マークを示す図である。

【図6】パターンシフトを測定するための記録マークパターンを示す図である。

【図7】サーマルシフトを測定するための記録マークパターンを示す図である。

【図8】図5の記録方法により形成された記録マークのエッジシフトを示すグラフである。

【図9】図5の記録方法により形成された記録マークの記録パワーマージンを示すグラフである。

【図10】従来の記録方法により形成された記録マークのエッジシフトを示すグラフである。

【図11】従来の記録方法により形成された記録マークの記録パワーマージンを示すグラフである。

【図12】比較例の記録方法による記録波形及び記録マークを示す図である。

【図13】図12の記録方法により形成された記録マークのエッジシフトを示すグラフである。

【図14】図12の記録方法により形成された記録マークの記録パワーマージンを示すグラフである。

【図15】図5の記録方法において P_b を変化した場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフである。

【図16】図5の記録方法において $(P_{w2} - P_{w1})$ を変化した場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフである。

【図17】図5の記録方法において P_{w1} / P_{aw} を変化した場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフである。

【図18】図5の記録方法において P_{w1} / P_{ae} を変化した場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフである。

【図19】第2の実施の形態の記録方法による記録波形及び記録マークを示す図である。

【図20】図19の記録方法により形成された記録マークのエッジシフトを示すグラフである。

【図21】図19の記録方法により形成された記録マークの記録パワーマージンを示すグラフである。

【図22】図19の記録方法において P_b を変化した場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフである。

【図23】図19の記録方法において $(P_{w2} - P_{w1})$ を変化した場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフである。

【図24】図19の記録方法において P_{w1} / P_{aw} を変化した場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフである。

【図25】図19の記録方法において P_{w1} / P_{ae} を変化した場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフである。

【図26】第3の実施の形態の記録方法による記録波形及び記録マークを示す図である。

【図27】図26の記録方法により形成された記録マークのエッジシフトを示すグラフである。

【図28】図26の記録方法により形成された記録マークの記録パワーマージンを示すグラフである。

【図29】図26の記録方法においてP_hを変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフである。

【図30】図26の記録方法において(P_{w2}-P_{w1})を変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフである。

【図31】図26の記録方法においてP_{w1}/P_{aw}を変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフである。

【図32】図26の記録方法においてP_{w1}/P_{ae}を変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフである。

【図33】従来のMSR再生方式(RAD)による磁化状態を示す図である。

【図34】従来のMSR再生方式(FAD)による磁化*

*状態を示す図である。

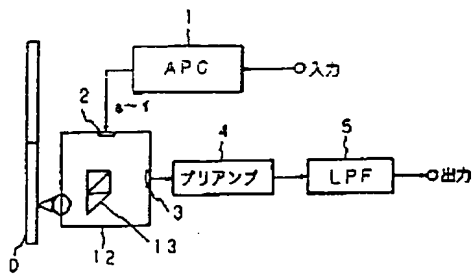
【図35】従来の記録方法による記録波形及び記録マークを示す図である。

【符号の説明】

- 2 LD回路
- 3 PD回路
- 12 光ヘッド部
- 13 光学検出
- 23 半導体レーザ光源
- 31 基板
- 32 誘電体層
- 33 再生層
- 34 中間層
- 35 記録層
- 36 保護層
- 37 反射層
- D 光磁気ディスク

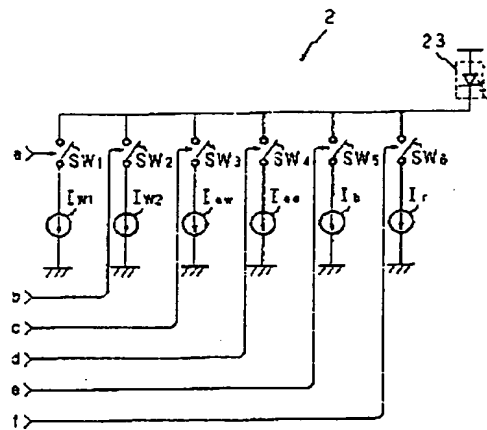
【図1】

本発明の記録方法に用いる記録再生装置の構成を示すブロック図



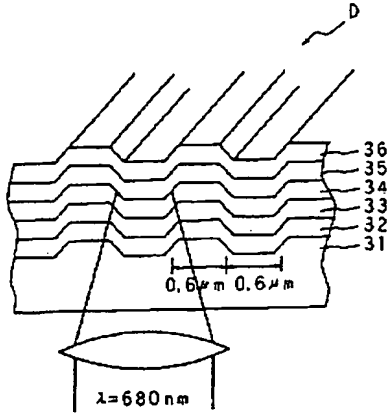
【図2】

図1のLD回路の構成を示す回路図



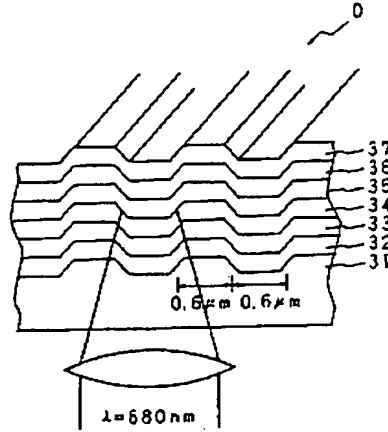
【図3】

本発明の記録方法により記録マークが形成される
光磁気ディスクの膜層構成図



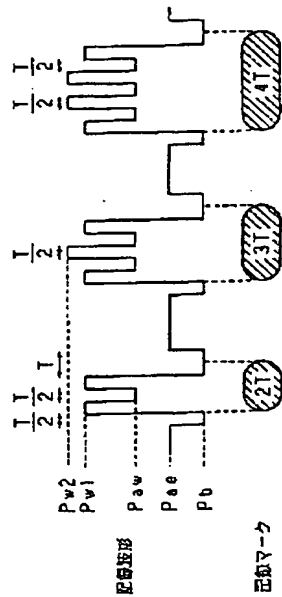
【図4】

本発明の記録方法により記録マークが形成される
他の光磁気ディスクの膜層構成図



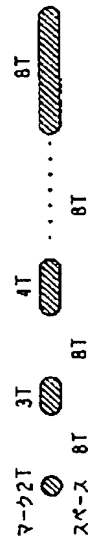
【図5】

第1の実施の形態の記録方法による記録波形及び記録マークを示す図



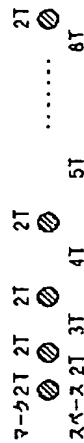
【図6】

パターンシフトを測定するための記録マークパターンを示す図



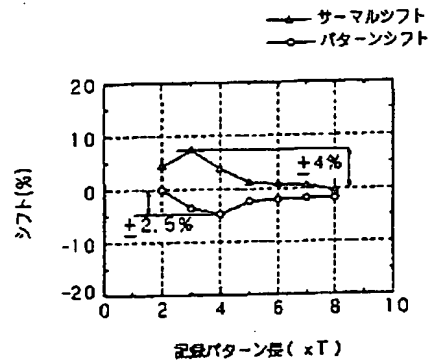
【図7】

サーマルシフトを測定するための記録マークパターンを示す図



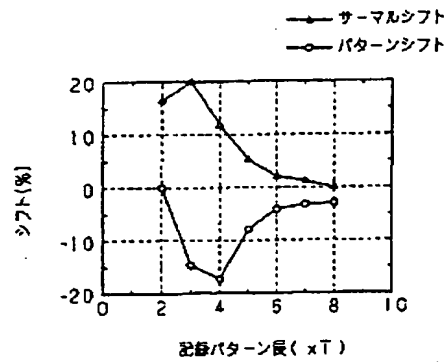
【図8】

図5の記録方法により形成された記録マークのエッジシフトを示すグラフ



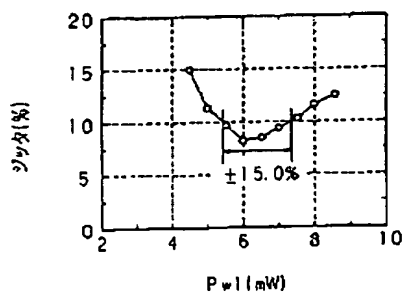
【図9】

従来の記録方法により形成された記録マークのエッジシフトを示すグラフ



【図10】

図5の記録方法により形成された記録マークの記録パワーマージンを示すグラフ



【圖 12】

比較例の記録方法による記録波形及び記録マークを示す図

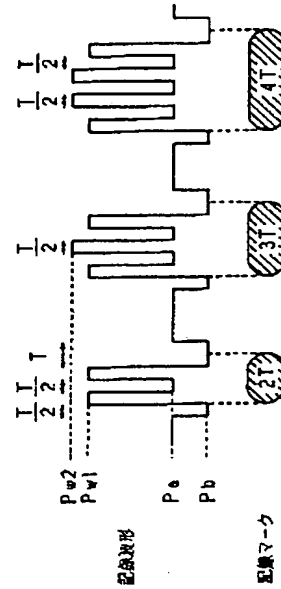
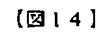


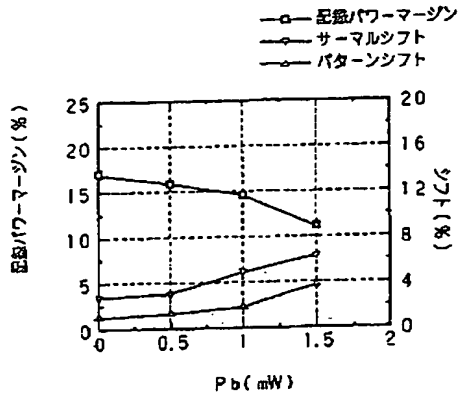
図12の記録方法により形成された記録マークのエッジシフトを示すグラフ



Pw (mW)	Yp (%)
5.0	18.5
5.5	12.5
6.0	11.0
6.5	10.5
7.0	10.5
7.5	11.0
8.0	12.0
8.5	16.5
9.0	20.5

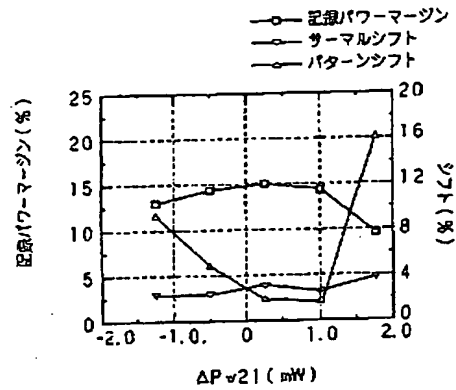
【図15】

図5の記録方法において P_b を変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフ



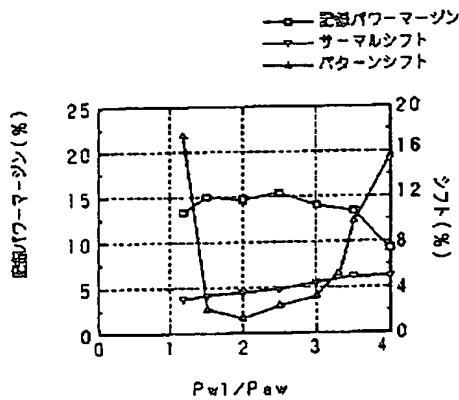
【図16】

図5の記録方法において $(P_w2 - P_w1)$ を変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフ



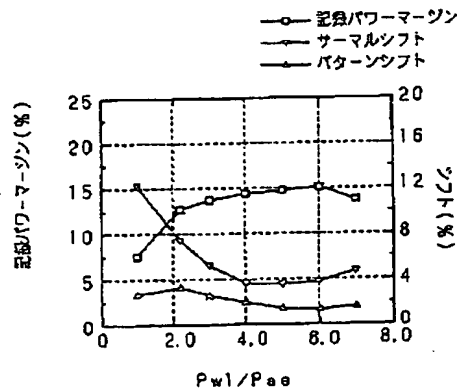
【図17】

図5の記録方法において P_{w1}/P_{aw} を変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフ



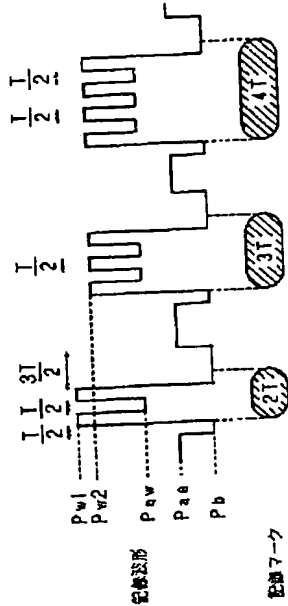
【図18】

図5の記録方法において P_{w1}/P_{ae} を変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフ



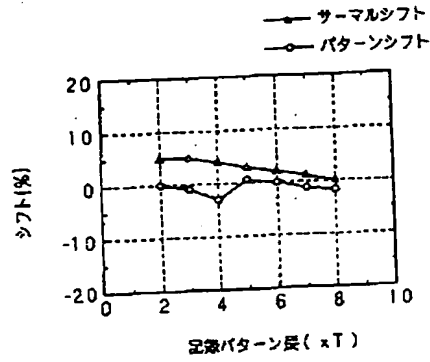
【図19】

第2の実例の形態の記録方法による記録波形及び記録マークを示す図



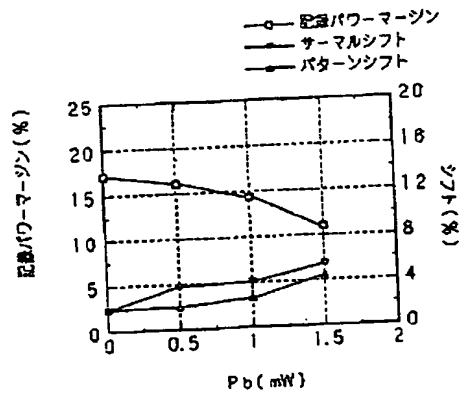
【図20】

図19の記録方法により形成された記録マークのエッジシフトを示すグラフ



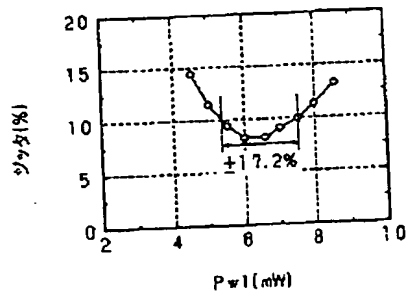
【図22】

図19の記録方法においてPbを変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフ



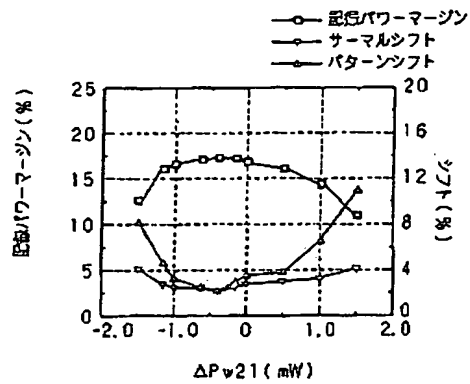
【図21】

図19の記録方法により形成された記録マークの記録パワーマージンを示すグラフ



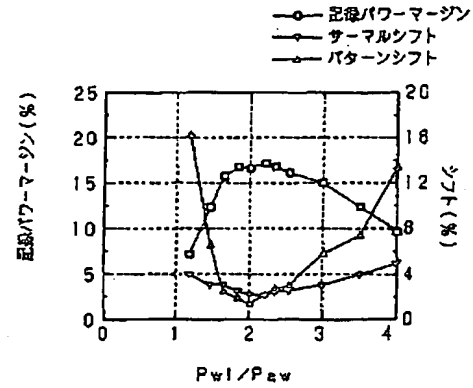
【図23】

図19の記録方法において($P_{w2}-P_{w1}$)を変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフ



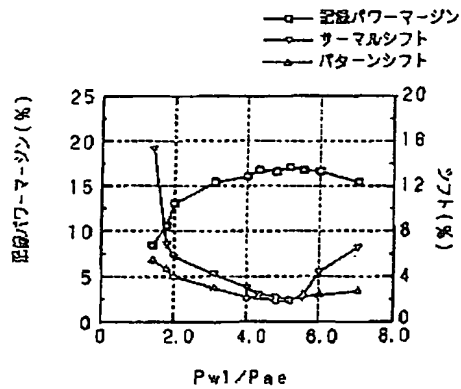
【図24】

図19の記録方法において P_{w1}/P_{aw} を変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフ



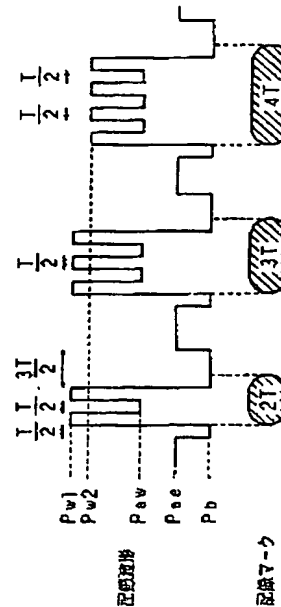
【図25】

図19の記録方法において P_{w1}/P_{ae} を変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフ



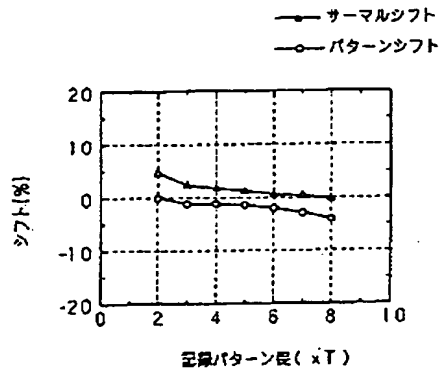
【図26】

第3の実施の形態の記録方法による記録波形及び記録マークを示す図



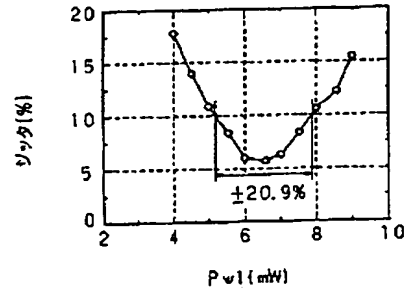
【図27】

図26の記録方法により形成された記録マークのエッジシフトを示すグラフ



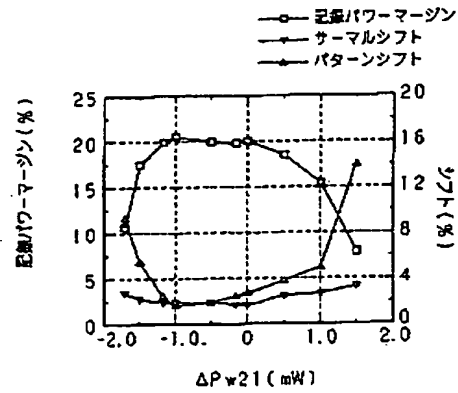
【図28】

図26の記録方法により形成された記録マークの記録パワーマージンを示すグラフ



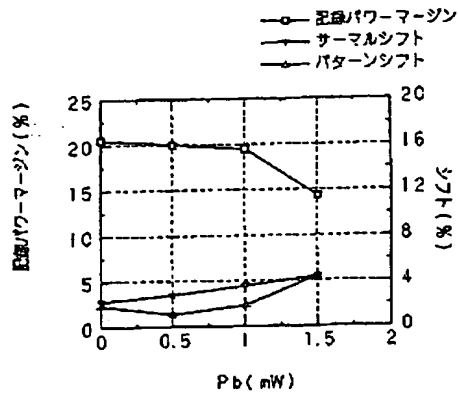
【図30】

図26の記録方法において(Pw2-Pw1)を変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフ



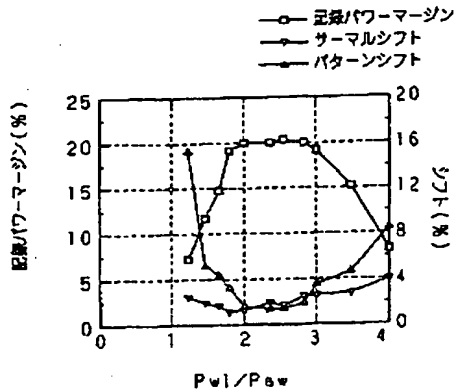
【図29】

図26の記録方法においてPbを変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフ



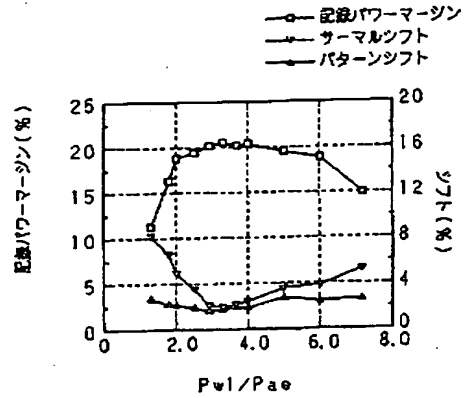
【図31】

図26の記録方法において P_{w1}/P_{aw} を変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフ



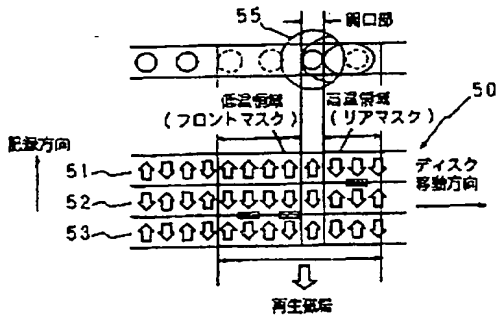
【図32】

図26の記録方法において P_{w1}/P_{ae} を変化させた場合の記録パワーマージン及びシフトを示すグラフ



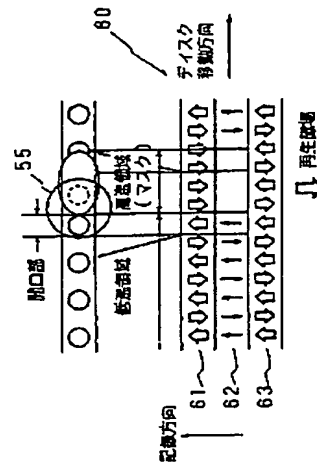
【図33】

従来のMSR再生方式(RAD)による磁化状態を示す図



【図34】

従来のMSR再生方式(FAC)による磁化状態を示す図



【図35】

従来の記録方法による記録波形及び記録マークを示す図

